

Trabajo Práctico 1

Procesamiento de señales II Filtros adaptativos

1. Motivación

Se dispone de un canal de comunicaciones FIR y LTI, de largo $L = 5$, el cual puede caracterizarse con la respuesta impulsiva:

$$h(n) = \frac{1}{2} \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi}{W} \left(n - \frac{L-1}{2} \right) \right) \right), n = 1, 2, 3,$$

con $h(n) = 0$ para $n = 0$ y $n = L - 1$. Es sabido que debido a la respuesta en frecuencia de un canal real, el mismo introducirá interferencia intersímbolo (ISI) [1] cuando se envíe una secuencia de señales de comunicación, dificultando enormemente la recepción. Esto se debe a que el canal deforma la señal enviada por tener una respuesta en frecuencia no plana. Para superar estas dificultades, se decide diseñar un *ecualizador*.

Un ecualizador (en este contexto) es un sistema que busca anular el efecto del canal de tal forma que el resultado del sistema en cascada canal-ecualizador sea lo más parecido posible a un impulso, permitiendo que la señal transmitida llegue al receptor sin sufrir ninguna distorsión. El sistema de comunicaciones puede representarse como se indica en la figura 1, donde $x(n)$ es un proceso real y estacionario de entrada, $h(n)$ es la respuesta impulsiva del canal y donde $v(n)$ es ruido blanco gaussiano, de media nula y varianza σ_v^2 , independiente de $x(n)$.

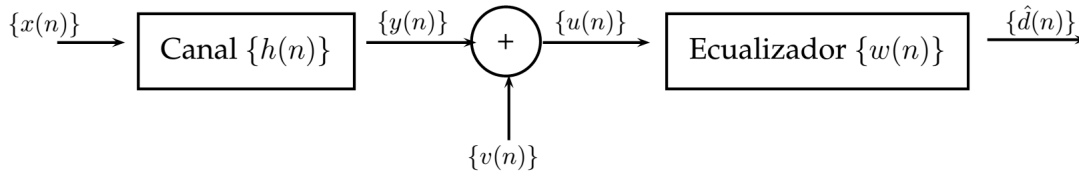


Figura 1: Canal con ruido aditivo y ecualizador.

2. Objetivos

En el contexto mencionado previamente, el presente trabajo práctico tiene como objetivo diseñar un filtro que compense el canal de forma tal de recuperar la señal del transmisor $x(n)$. Para ello se busca diseñar un ecualizador mediante un filtro adaptativo.

En primera instancia, se propone encontrar el filtro LMS con mejor desempeño evaluado en una *fase de entrenamiento* en donde se utilice una señal transmitida “conocida” (secuencia de entrenamiento) como señal deseada del filtro. Pero dado que el sistema completo, canal y filtro, introducirán

conjuntamente un retardo, la señal deseada deberá ser una réplica retrasada del proceso generado en el transmisor, esto es $d(n) = x(n - r)$ donde $r \in \mathbb{Z}$ es el retraso prefijado y conocido. El esquema se puede considerar como el que se presenta en la figura 2.

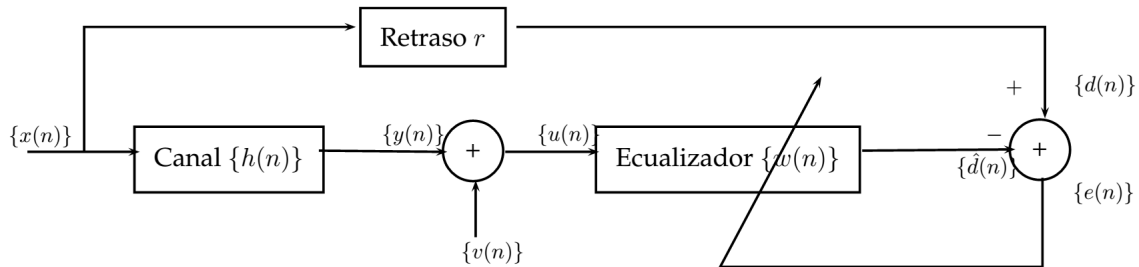


Figura 2: Sistema de ecualización de canal mediante un filtro adaptativo.

3. Desarrollo

En lo que sigue del trabajo práctico, se considera que $\sigma_v^2 = 0.001$ y que la señal pseudoaleatoria de entrenamiento $x(n)$ consiste de una secuencia Bernoulli generada de variables aleatorias $x(n) = X_n$, tal que $P(X_n = 1) = P(X_n = -1) = 1/2$. De esta forma se obtiene que la secuencia de entrenamiento tenga media nula y varianza $\sigma_x^2 = 1$. Se considera que la señal de entrada al filtro $u(n)$ tiene una longitud N tal que $\{u(n)\}_{n=0}^{N-1}$. Además, en todos los casos, trabaje con 200 realizaciones para poder obtener estimadores razonables del error cuadrático ($J(n)$).

1. Implemente el algoritmo. Considerando que el parámetro del ancho de banda del canal es $W = 2,9$, grafique las curvas de aprendizaje $J(n)$ parametrizadas de a un parámetro y manteniendo fijos los demás. Analice cualitativamente cómo influyen estos parámetros en el tiempo de convergencia (τ) y el error $J(\infty)$ (relacionado con el desajuste), en los siguientes casos:
 - Variando la cantidad de coeficientes M del filtro, fijando $\mu = 0,0075$ y $r = 5$.
 - Variando el paso μ , fijando $M = 11$ y $r = 5$.
 - Variando el retardo r , fijando $\mu = 0,0075$ y $M = 11$. Grafique además $J(\infty)$ en función de r y verifique su valor óptimo.
2. Grafique la respuesta impulsiva del canal, el ecualizador y la respuesta global del sistema al variar su ancho de banda mediante el parámetro W para los casos $W = \{3; 3,4; 3,8\}$. Considere $\mu = 0,0075$, $M = 11$ y $r = 5$. Grafique para cada caso las respuestas en frecuencia (en decibels) del canal, ecualizador y global superpuestas. Comente sobre los resultados observados.
3. Suponga ahora que, a mitad del tiempo, el valor de W cambia de $W = 2,9$ a $W = 3,3$. Comente acerca de lo que observa.
4. Además de considerar LMS, implemente los algoritmos de NLMS, APA y RLS, obtenga los parámetros que considere óptimos según su criterio y compare los resultados entre ellos. Comente sobre las ventajas y desventajas de cada algoritmo.

Normas y material entregable

- Realizar los diseños requeridos y entregar un informe con los comentarios y/o resultados solicitados en cada ítem.
- Se sugiere que el informe sea conciso y cumpla específicamente los puntos solicitados (no deben incluirse desarrollos teóricos que no hayan sido pedidos explícitamente).
- Junto al informe, incluir en un *.zip* los scripts relevantes que sean lo más claro posibles y con los comentarios necesarios.
- Como conclusiones, elabore un breve resumen sobre las ventajas y desventajas de cada método propuesto en este trabajo.
- El trabajo podrá realizarse en grupos de 3 personas.
- Cada miembro del grupo deberá poder explicar el funcionamiento de la totalidad de los algoritmos implementados.
- La fecha de entrega del Trabajo Práctico, es el día Martes 1 de octubre del corriente año.

Referencias

- [1] Lathi, B.P.; Ding, Zhi (2009). Modern Digital and Analog Communication Systems.